УДК 004.93

О.В. Бармак[1], В.С. Касьянюк[2], Ю.В. Крак[2]
[1]Хмельницький національний університет, Україна
Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11
[2]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна
Україна, 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64/13

РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДХОДУ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗНАКІВ ДАКТИЛЬНОЇ АБЕТКИ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ ЖЕСТОВОЇ МОВИ

O.V. Barmak[1], V.S. Kasianiuk[2], Iu.V. Krak[2]
[1]Khmelnytskyi National University, Ukraine
Ukraine. Khmelnytskyi, st. Instytutska, 11
[2]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine
64/13, Volodymyrska Street, City of Kyiv, Ukraine, 01601

APPROACH IMPLEMENTATION TO IDENTIFY DACTYL ALPHABET FOR UKRAINIAN SIGN LANGUAGE

А.В. Бармак[1], В.С. Касьянюк[2], Ю.В. Крак[2]
[1]Хмельницкий национальный університет, Украина
Украина, 29016, г. Хмельницкий, ул. Институтская, 11
[2]Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина
Украина, 01601, г.Киев, ул. Владимирская, 64/13

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДХОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗНАКОВ ДАКТИЛЬНОЙ АЗБУКИ ДЛЯ УКРАИНСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

Розглядається створення інформаційної технології ідентифікації знаків дактильної абетки для української жестової мови. Інформаційна технологія базується на результатах аналізу інформативності ознак, запропонованих для розпізнавання. Технологія розпізнавання враховує вимоги відтворення жестового мовлення людьми з різними розмірами рук та на різних фокусних відстанях.
Ключові слова: інформаційна технологія, ідентифікація, дактильна абетка, жестова мова.

Information technology creation for dactyl alphabet identification of Ukrainian sign language is investigated. Information technology is based on an analysis of informative features proposed for recognition. Recognition technology included the requirements of sign demonstration of people with different sizes hands and at different focal lengths.
Keywords: information technology, identification, dactyl alphabet, sign language

Рассматривается создание информационной технологии идентификации знаков дактильной азбуки для украинского жестового языка. Информационная технология базируется на результатах анализа информативности признаков, предложенных для распознавания. Технология распознавания учитывает требования воспроизведения жестовой речи людьми с различными размерами рук и на разных фокусных расстояниях..
Ключевые слова: информационная технология. идентификация, дактильная азбука, жестовый язык.

Проблема розробки мультимедійних систем розпізнавання елементів дактильної абетки жестової мови глухих, як одного із засобів комунікації між людьми з вадами слуху, є досить актуальною [1], і зумовлена недостатнім рівнем вивчення проблеми розпізнавання жестів. Значущість названої проблематики посилюється також у зв’язку з необхідністю створення систем, які забезпечать рівні умови для спілкування, сприйняття та оволодіння інформацією людям з вадами слуху в соціальних процесах [2]. Важливою на сьогодні є проблема створення сучасних інформаційних технологій, що включають алгоритми, за допомогою яких

можна було б створювати нові комп'ютерні системи навчання та комунікації для людей з вадами слуху. Для вирішення цієї проблеми запропонована концепція інформаційної технології невербального спілкування людей з вадами слуху [3]. Комплексна інформаційна технологія включає в себе функціональність по синтезу: рухів жестової мови, дактильної абетки, міміки промовляння на трьохмірній моделі людини та аналізу невербальних каналів комунікації. Одним з напрямків концепції є створення інформаційної технології розпізнавання елементів дактильно-жестової мови.

Метою роботи є створення інформаційної технології ідентифікації знаків дактильної абетки для української жестової мови. Інформаційна технологія повинна базуватися на результатах аналізу інформативності ознак. Також мають бути враховані вимоги відтворення жестового мовлення людьми з різними розмірами рук та на різних фокусних відстанях.

Характеристичні ознаки дактилем

Для вирішення задачі розпізнавання дактильної абетки жестової мови з потокового відеозображення проведені дослідження з метою визначення ефективних характеристичних ознак подання кисті руки при відтворенні дактилем. Досліджувалось вхідне відеозображення, що містить показ людиною знаків дактильної абетки та певні перетворення зображення, що дають змогу отримати на виході ідентифікований знак (букву) української мови. Ідентифікація враховувала відтворення дактиля людьми з різними розмірами рук та при фіксації даного процесу з різних фокусних відстаней. На зображенні виділялась кисть руки і фіксувались її крайні точки: зверху, зліва, знизу справа. У результаті дослідження отримано наступні групи характеристичних ознак: 1) кут між векторами, що проведені з центру до крайніх точок (x_2, x_3, x_4, x_5); 2) нормована довжина вектору, який проведено з центру до крайніх точок (x_6, x_7, x_8, x_9); 3) компактність, направленість, видовженість, відношення ширини до висоти $(x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_1)$; 4) горизонтальне сканування (розбиття на 11 стрічок) $(x_{13},...,x_{23})$; 5) розбиття зображення на 25 клітин $(x_{24},...,x_{48})$; 6) дескриптори контурного аналізу $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$; 7) ознаку динамічності дактилеми (x_0) [4]. Тут $x_j = (bl_j)\cdot(al_j)^{-1}$, $j = \overline{13,48}$, де bl_{ij} – кількість точок, що належать кисті руки в клітині, al_{ij} – загальна кількість точок клітини.

У результаті аналізу отримано, що ознака x_1 дозволяє стійко ідентифікувати підмножину дактилем {Б,Ш,К,Ц}. Ознака x_{10} дозволяє визначити дактилему Т, а ознака x_{12} дактилему Г.

Запропоновано методику визначення характеристичних ознак для дактилем з амплітудою руху (динамічних дактилем). Для цих дактилем за ознаки слугують траєкторії переміщення координат центру мас руки. У результаті отримано стійку ідентифікацію дактилем Д, З та Ь. Дактилеми Й, К, Ц, Щ, Ї, Є запропоновано ідентифікувати як нерухомі, але при цьому враховувати наявність траєкторії (це дозволяє розділити однакові за конфігурацією руки дактилеми: І(Ї), И(Й), Ш(Щ)) [5].

Для множини дактилем, що не ідентифікуються вище наведеними способами, проведено аналіз інформативності характеристичних ознак за вище наведеними групами. У результаті отримано, що найефективнішими ознаками є ознаки з груп: 1, 2, 3 і 6. У рамках 4 та 5 груп роздільність букв зменшується. Серед груп 1, 2, 3 і 6 найефективнішою виявилася група 6 (дескриптори контурного аналізу: $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$)[6].

Підхід до ідентифікації дактильної абетки

Запропоновано інформаційну технологію (див. рис.1), що полягає у побудові каскадного класифікатора, за допомогою якого множина дактилем розбивається на стало роздільні підмножини. У цих підмножинах дактилеми роздільні дещо менше, тому запропоновані інші підходи для їх ідентифікації.

Процес отримання з вхідного відеопотоку, що містить показ дактилем української дактильної абетки, на виході ідентифікованого символу-дактиля полягає у наступних перетвореннях: блок 1 – забезпечення відеопотоку, що містить показ елементів дактильної абетки, виділення області кисті руки; блок 2 – отримання параметрів моделі руки ($x_1, x_{11}, x_{12}, x_{49}, ..., x_{52}$); блок 3 – аналіз динамічності дактилеми; блок 4 – визначення підмножини, до якої належить дактилема; блок 5 – розбиття множини слабо роздільних дактилем за допомогою гіперплощинної класифікації; блок 6 – ідентифікація дактилеми з обмеженої підмножини.

Блок 1 (вхідна інформація). Інформаційна технологія забезпечує: 1) захоплення відеопотоку з web-камери та 2) завдання порогових параметрів, що залежать від середовища, в якому проводиться відеофіксація.

Блок 2. Інформаційна технологія забезпечує: 1) попередню обробку зображення (відділення області руки, перетворення над зображенням); 2) подання пара-метрів моделі руки. Попередня обробка зображення полягає у виконанні наступних кроків: переведення зображення у сірі тони; переведення зображення у чорно-білі кольори; переведення зображення в формат HSV; виділення області руки на зображенні.

Блок 3. Інформаційна технологія забезпечує визначення ознаки статичності чи динамічності дактилеми (ознака x_0). Алгоритм забезпечує визначення наступних значень ознаки: $x_0 = 0$ – статична дактилема; $x_0 = 1$ – динамічна дактилема Д; $x_0 = 2$ – динамічна дактилема З; $x_0 = 3$ – динамічна дактилема Ь; $x_0 = 4$ – динамічні дактилеми Ї,Й,Щ,К,Є.

Блок 4. Інформаційна технологія забезпечує віднесення статичної дактилеми до певної підмножини дактилем. Згідно з аналізом, використовуючи ознаки x_1, x_{10}, x_{12}, можна розділити статичні дактилеми на наступні підмножини: {Б,Ш,К,Ц}, {Т}, {Г}, {А,В,Е,Є,И,І,Л,М,Н,Р,С,У,Ф,Х,Ч,Ю,Я}. Розділення полягає в аналізі входження ознак x_1, x_{10}, x_{12} у визначені проміжки. Ці проміжки наведені на рис.1. ліворуч і праворуч від кожної ознаки.

Відзначимо, що одна із підмножин, отриманих у результаті роботи Блоку 4, має досить великий розмір. Дактилеми, що належать цій множині, є слабо роздільними.

Блок 5. Інформаційна технологія має забезпечити розбиття цієї множини на чотири підмножини меншого розміру. Для цього пропонується використати гіперплощинну класифікацію [7]. За результатами попереднього аналізу, за вектор ознак взято дескриптори контурного аналізу $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$.

Беручи до уваги, що досліджувалась множина слабороздільних (простими способами) дактилем і кількість елементів цієї множини досить велика (18 елементів), на відміну від добре роздільних (до 5 елементів), пропонується розбиття цієї множини на підмножини до 5-ти елементів.

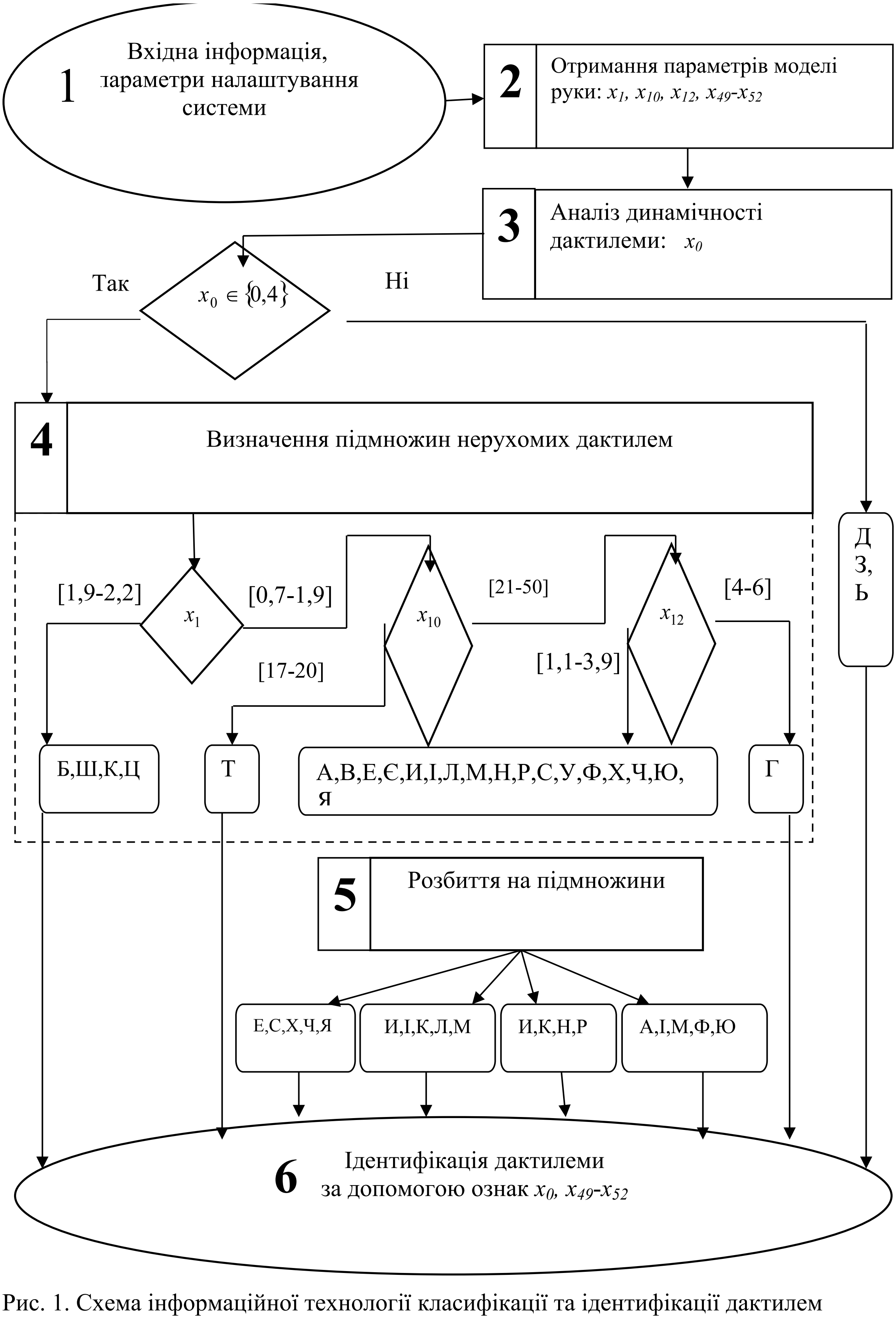


Рис. 1. Схема інформаційної технології класифікації та ідентифікації дактилем

Для цього пропонується подати мінімальну величину відношення ширини полоси класифікатора до суми відстаней центрів кластерів від відповідних сторін полоси для пар дактилем у вигляді Евклідової відстані на площині: $r(*,*) = w/D \rightarrow r'(*,*) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$, тобто для кожних пар кластерів дактилем підбираються такі: x_1, y_1, x_2, y_2, щоб $\sum (r(*,*) - r'(*,*))^2$ була мінімальна. Результат такого підбору можна використати для дихотомного розбиття множини, що розглядається, на потрібну кількість підмножин.

Для побудови системи розпізнавання об’єктів, належних до декількох різних класів, використовується принцип дихотомії. На основі центрів представників класів будується дихотомне дерево класифікації (рис. 2) та для кожної вершини дерева синтезується оптимальний полосно-роздільний класифікатор відповідно до інформації про об'єкти, що міститься в навчальній послідовності.

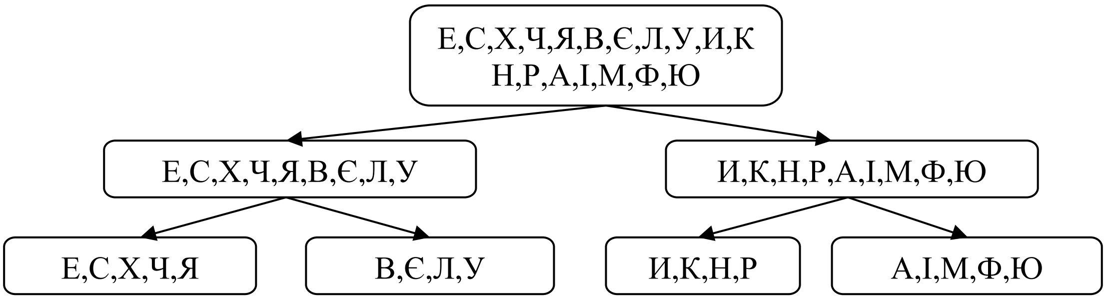
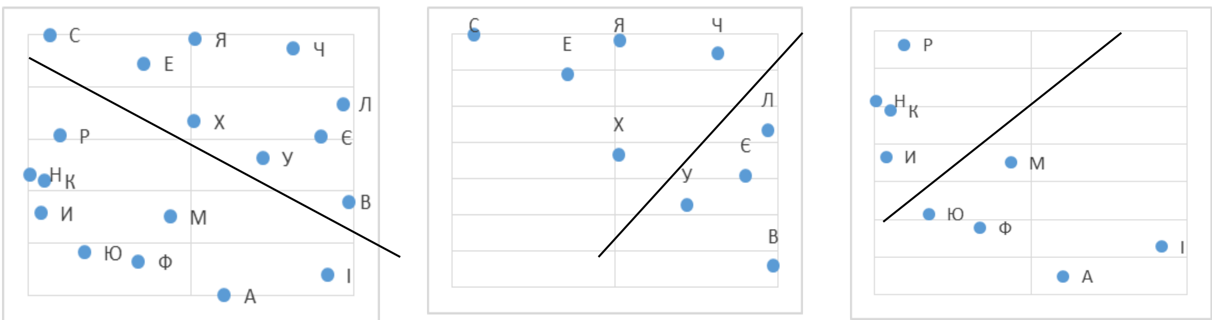


Рис. 2. Дихотомне дерево класифікації

З отриманого взаємного розташування можна запропонувати наступне розбиття множини дактилем (рис. 3) спочатку на 2 підмножини: {Е,С,Х,Ч,Я,В,Є,Л,У} та {И,К,Н,Р,А,І,М,Ф,Ю} – рис. 3,а), а потім кожну з отриманих ще на дві: {Е,С,Х,Ч,Я} і {В,Є,Л,У} (рис. 3,б) та {И,К,Н,Р} і {А,І,М,Ф,Ю} (рис.3, в)).

Використання гіперплощинної класифікації потребує реалізації наступних кроків: 1) визначення гіперплощин, що розділяють підмножини та 2) ідентифікація підмножини дактилем, до якої належить дактильний символ. Для отримання зазначених гіперплощин слід виконати наступні кроки:



а) б) в)

Рис. 3. Розбиття множин дактилем полосно-роздільним класифікатором

1) на вході сформувати матрицю, що складається з $k+l$ стовпчиків (k стовпчиків містять вектори одного класу, а l стовпчиків – іншого; кожен стовпчик є вектором з n параметрами, значеннями яких є ознаки $x_{49}, \ldots, x_{52}$;

2) над елементами матриці провести перетворення центрування та нормування в проміжок від 0 до 1;

3) доповнити кожен вектор $n+1$ компонентом, що дорівнює 1 (рядок вільних членів); отриману таким чином матрицю з $k+l$ стовпчиків та $n+1$ рядків позначимо як A;

4) знайти $A; AA^T; (AA^T)^{-1}$;

5) знайти псевдообернену матрицю до матриці $A : A^+ = A^T(AA^T)^{-1}$;

6) знайти проекційну матрицю: $R = A^+(A^+)^T$;

7) знайти коефіцієнти роздільної гіперплощини як розв'язок рівняння: $Y^T RY \to 0$:

7.1) позначимо Y як вектор розмірності $k+l$, причому k елементів цього вектору покладемо рівними **1**, а інші l покладемо рівними **-1**;

7.2) знайдемо розв'язок рівняння $Y^T RY \to 0$, скориставшись довільними мінімаксними методами, тобто шукатимемо розв'язок (Y) такий, що мінімізує цільову функцію $Y^T RY = 0$ шляхом підбору компонентів вектора Y з наступними обмеженнями: $\begin{cases} y_i \geq 1, i = \overline{1,\cdots,k} \\ y_j \leq -1, j = \overline{k+1,\cdots,k+l} \end{cases}$;

8) для знайденого Y обрахуємо коефіцієнти гіперплощини a: $a = (A^+)^T Y$.

Вищезазначеним чином отримаємо коефіцієнти чотирьох гіперплощин: a_1, a_2, a_3, a_4.

У Блоці 5 реалізовано, за допомогою попередньо отриманих коефіцієнтів трьох гіперплощин (a_i, $i = \overline{1,3}$), механізм віднесення моделі вхідної дактилеми до однієї з відповідних підмножин. Для цього послідовно визначаємо розв'язок: $q = a_i^T x$, де x – модель вхідної дактилеми $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$. Якщо результат більший нуля, то x відноситься до першого класу, в іншому випадку – до другого класу. Таким чином визначаємо підмножину, до якої відноситься модель вхідної дактилеми.

Блок 6. Інформаційна технологія забезпечує ідентифікацію дактилеми за параметрами її моделі (дескрипторів контурного аналізу $x_{49},...,x_{52}$) з, попередньо визначеної у блоках 4 та 5, обмеженої підмножини. При цьому можливі випадки, коли обмежені підмножини складаються з одного елемента – тоді ідентифікація не потрібна – зразу отримуємо дактилему (дактилеми Т та Г). Можлива ситуація, коли ознака $x_0 \in \{1,2,3\}$. Тоді також ідентифікація не потрібна – зразу отримуємо дактилему ($x_0 = 1$ – дактилема Д, $x_0 = 2$ – дактилема З, $x_0 = 3$ – дактилема Ь). В інших випадках потрібно застосувати алгоритм для ідентифікації.

Реалізація інформаційної технології та проведення експериментів

Для підтвердження спроможності та ефективності запропонованої інформаційної технології створено відповідне застосування (рис.4).

Інтерфейс застосування складається з наступних блоків: інтерфейс для налаштування та калібрування системи для ідентифікації елементів дактильної мови (1); відображення відеопотоку – в системі відображається три відеопотоки: вхідний, з виділеними областями точок, які відносяться до руки, і відеопотік з

рукою (2); інтерфейс для налаштування еталонів для контурного аналізу (3); інтерфейс демонстрації характеристик вхідного зображення (4). Для підтвердження ефективності наведених методів, характеристичних ознак, та для підтвердження ефективності інформаційної технології, за допомогою створеного застосування проведено ряд експериментів.

В експериментах брали участь люди з різними розмірами рук, які відтворювали жести на різних фокусних відстанях від відеокамери. За час розробки та тестування системи в експериментах взяло участь понад сто п'ятдесят людей з різними розмірами рук, які були поділені на такі експериментальні групи: жінки (різного віку); чоловіки (різного віку); чоловіки віком від 16 до 21 року; жінки віком від 16 до 21 року; чоловіки старші за 21 рік; жінки старші за 21 рік; змішана група чоловіків і жінок різного віку. На рис. 5 показано результати розпізнавання відтворення дактилем А, Б, В, Г, Д (зліва – направо) на різних фокусних відстанях.

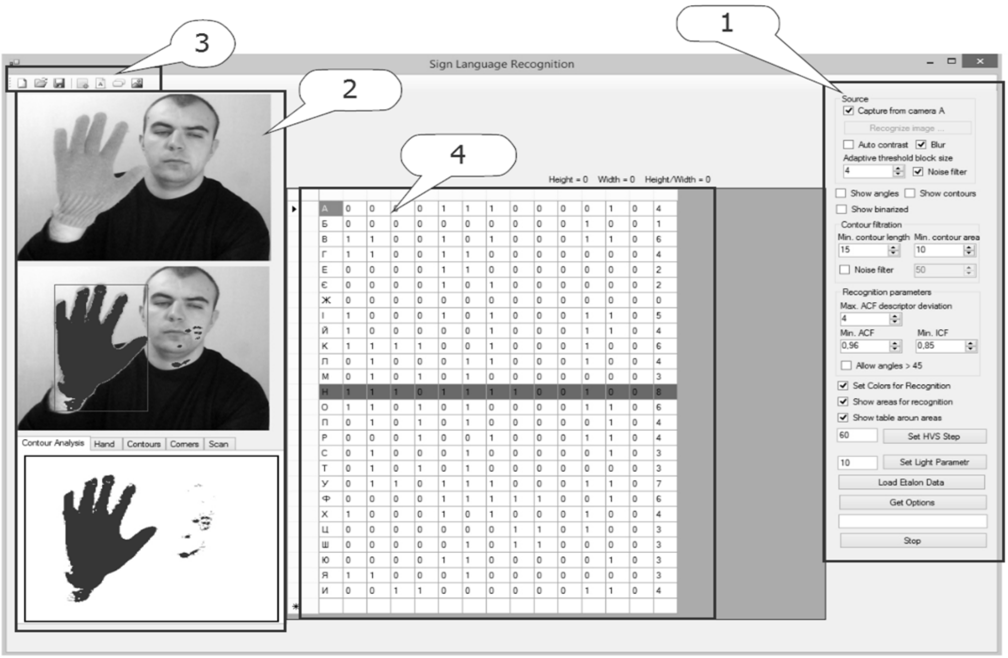


Рис. 4. Застосування для тестування інформаційної технології

Аналіз випадків, коли була неправильно розпізнана дактилема, показав наступні групи причин неправильного розпізнавання: швидкий темп виконання дактилеми; виконання подібних жестів; особливості індивідуального відтворення дактилем.

Система може помилково розпізнавати дактилему, якщо її швидко відтворили. Це пов'язано з тим, що зображення дактилеми передається у систему через web-камеру з частотою 30 кадрів за секунду з розширенням 320 на 240 пікселів. При швидкому відтворенні можуть порушуватись якісь зображення та з'являтися області, що розмиваються.

Проаналізувавши дактилеми, можна визначити групи подібних жестів. Якщо такі жести відтворювати швидко, або не притримуючись правил виконання дактилеми, то можливе неправильне розпізнавання жестів.

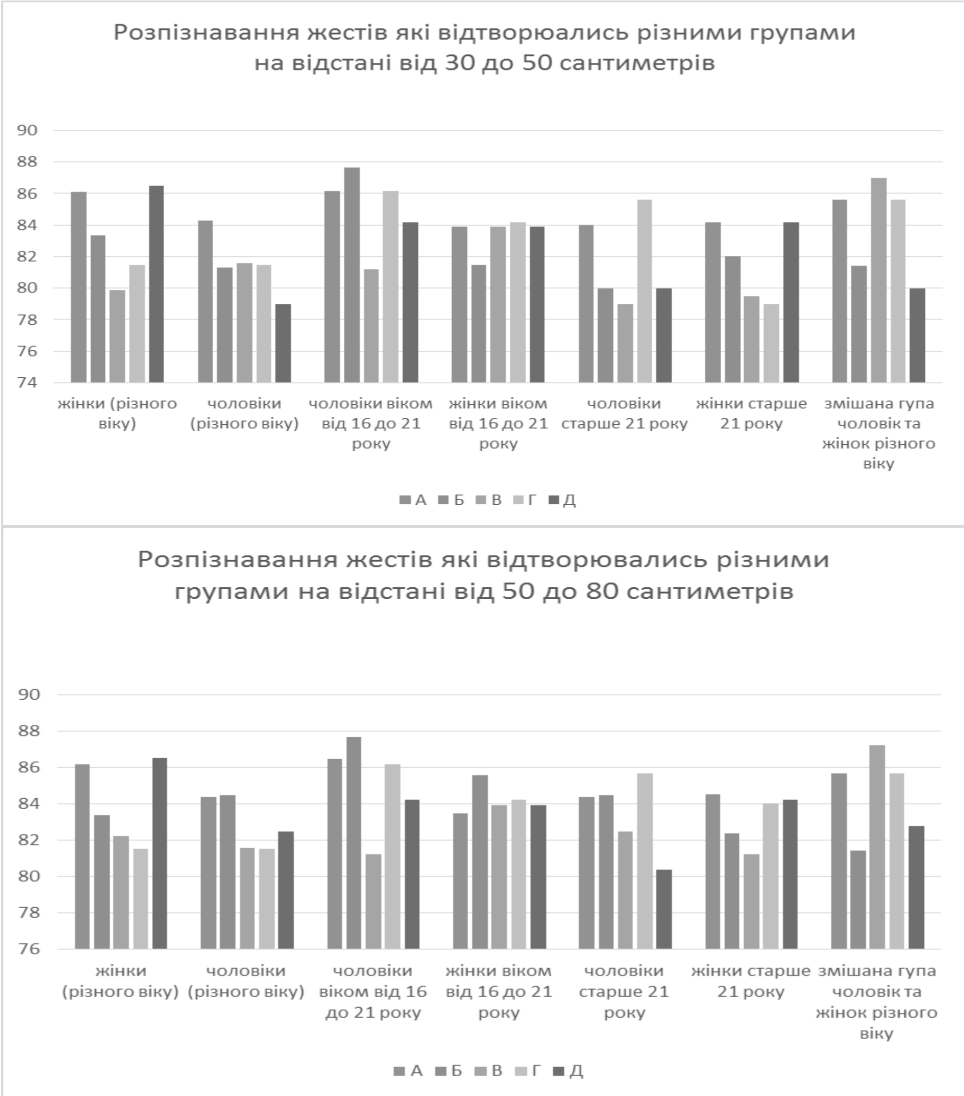


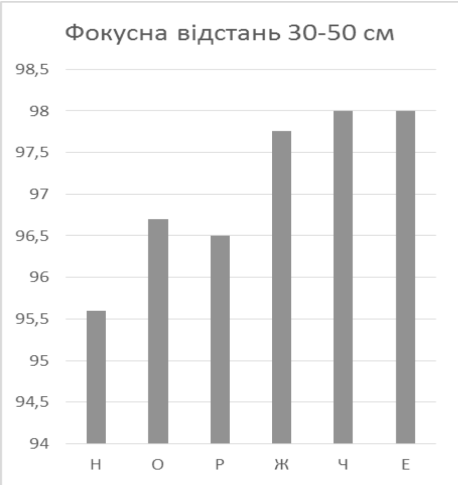
Рис. 5. Розпізнавання дактилем на різних фокусних відстанях.

При тестуванні з експериментальною групою, до якої входили викладачі жестової мови, що відтворювали дактилеми відповідно до правил дактилювання, було досягнуто якість розпізнавання 97–98 % (на рис. 6 показано відсотки правильного розпізнавання дактилем Н, О, Р, Ж, Ч, Е).

Висновки

У роботі запропонована інформаційна технологія для побудови системи класифікації та ідентифікації дактильної абетки української жестової мови. Класифікація елементів дактильної абетки проводиться за характеристичними ознаками, які не залежать від індивідуальних особливостей руки та фокусної відстані відеофіксації, що дало змогу визначити класи дактилем та окремі дактилеми, що однозначно розпізнаються за цими ознаками.

Запропоновано інформаційну технологію ідентифікації дактилем жестової мови, як комбінації ефективних методів отримання ознак та гіперплощинної класифікації слабороздільних множин, що дало змогу реалізувати ефективну систему ідентифікації дактилем, які не залежать від індивідуальних особливостей руки та фокусної відстані відеофіксації.



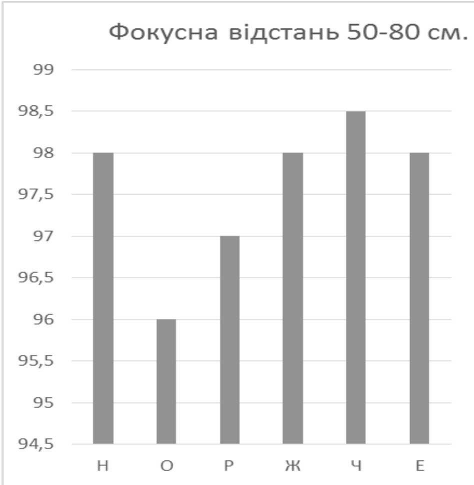


Рис. 6. Розпізнавання дактилем (%) у групі викладачів дактильної мови

Тестування запропонованої інформаційної технології, що проводилось з групами людей різних вікових та статевих параметрів та на різній фокусній відстані показало однозначну правильну ідентифікацію на рівні 80–87 %. Аналіз неправильно ідентифікованих елементів показав, що причиною незадовільного розпізнавання є неправильне відтворення дактилем або деформування їх при швидкому показі. Експериментальна група, за заданої умови правильного показу (навчальний, показовий темп), показала якість розпізнавання на рівні 96–98 %.

Література

1. Кульбіда С. В. Українська дактилологія [Текст]. наук.-метод. посібник / С. В. Кульбіда. – К.:Педагогічна думка, 2007. – 256 с.
2. Резолюция 48/96 Генеральной Ассамблеи ООН Стандартные правила обеспечения равных возможностей для инвалидов Доступ: URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/ main.cgi? nreg= 995_306.
3. Кривонос Ю.Г. Інформаційна технологія для моделювання української мови жестів / Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Бармак О.В. [та ін.] // Штучний інтелект. – 2009. №3 – с. 186-197.
4. Крак Ю.В. Аналіз елементів дактильної жестової мови / Ю.В. Крак, Д.В. Шкільнюк // Штучний інтелект. – 2010. – № 3. – С. 322 – 328.
5. Крак Ю.В. Застосування аналізу зв'язних областей до задачі розпізнавання елементів дактильно-жестової мови / Ю.В. Крак, Д.В. Шкільнюк, К.С. Кручинін [та ін.] // Штучний інтелект. – 2012 – № 1. – С.298 – 306.
6. Крак Ю.В. Удосконалення методів векторного аналізу та гіперплощинної класифікації для розпізнавання елементів дактильної мови / Ю.В. Крак, Г.І. Кудін, Д.В. Шкільнюк // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. – 2012. – № 2. – С. 144 – 147.
7. Кириченко Н. Ф. Оптимизация синтеза гиперплоскостных кластеров и нейрофункциональных преобразований в системах классификации сигналов / Н. Ф. Кириченко, Ю. Г. Кривонос, Н. П. Лепеха // Кибернетика и системный анализ. – 2008. – № 6. – С. 50–58.

Literatura

1. Kulbida S.V. Ukrainian dactylology. – К.:Pedagogichna dumka, 2007. – 256 с.
2. General Assembly resolution 48/96 of the UN Standard Rules on the Equalization of Opportunities for Persons with Disabilities. URL: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/ main.cgi? nreg= 995_306.
3. Krivonos Yu.G. Information technology for modeling Ukrainian sign language / Krivonos Yu.G., Krak UV, OV Barmak [et al.] // Artificial intelligence. - 2009. №3 - p. 186-197.

4. Krak Yu.V. Analysis elements daktilno sign language / Yu.V.Krak, D.V.Shkilnyuk // Artificial intelligence. - 2010. - № 3. - P. 322 - 328.
5. Krak Yu.V. Application analysis of areas connected to the problem of recognition elements daktilno-sign language / Yu.V.Krak, D.V.Shkilnyuk, K.S.Kruchinin [et al.] // Artificial intelligence. - 2012 - № 1. - P.298 - 306.
6. Krak Yu.V. Improved methods of vector analysis and classification hiperploschynnoyi recognition elements daktilno language / Yu.V.Krak, G.I.Kudin, D.V.Shkilnyuk // Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. A series of physical and mathematical sciences. - 2012. - № 2. - P. 144 - 147.
7. N.F.Kirichenko Optimization synthesis hyperploskostnыh klasterov neyrofunktsyonalnыh and transformations in the systems of classification signals / N.F.Kirichenko, Yu.G.Kryvonos, N.P.Lepekha // Cybernetics and systems analysis. - 2008. - № 6. - P. 50-58.

RESUME

O.V. Barmak, V.S. Kasianiuk, Iu.V. Krak

Approach implementation to identify dactyl alphabet for Ukrainian sign language

The article represented by information technology for a system of classification and identification dactyl alphabet of the Ukrainian sign language is creation. Classification of elements of the dactyl alphabet held on the features that do not depend on the individual characteristics of the hand and the focal length of video fixation. It allowing to define classes and separate dactylems that uniquely recognized on these features.

Testing of the proposed information technology, which was conducted with groups of people with different age and gender and different focal lengths shown in the correct identification on 80–87%. The analysis identified the wrong elements showed that the cause of the unsatisfactory recognition is the wrong dactyl demonstration or deforming them with fast display. The experimental group with a given display properly (training, demonstration level) showed the quality of recognition of 96–98%.

А.В. Бармак, В.Д.Касьянюк, Ю.В. Крак

Реализация подхода для идентификации знаков дактильной азбуки для украинского жестового языка

В статье представлена информационная технология для построения системы классификации и идентификации дактильной азбуки украинского жестового языка. Классификация элементов дактильной азбуки проводится по характеристическим признакам, которые не зависят от индивидуальных особенностей руки и фокусного расстояния видеофиксации, что позволило определить классы дактилем и отдельные дактилемы, что однозначно распознаются по этим признакам.

Тестирование предложенной информационной технологии, которое проводилось с группами людей различных возрастных и гендерных параметров и на разном фокусном расстоянии, показало правильную идентификацию в 80–87 %. Анализ неправильно идентифицированных элементов показал, что причиной неудовлет-ворительного распознавания является неправильное воспроизведение дактилем или деформирования их при быстром показе. Экспериментальная группа при заданном условии правильного показа (учебный, показательный темп) показала качество распознавания на уровне 96–98 %.

Надійшла до редакції 03.09.2015

